

TRABAJO FINAL DE MASTER EN INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.



UNIVERSITAT
POLITÀENICA
DE VALÈNCIA

REVISIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE SOBRE EL LIBRAMIENTO ORIENTE DE NOGALES, SONORA.

ANEJO N°1 ESTUDIO DE SOLUCIONES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS



Índice

I.	Introducción
II.	Condicionantes
III.	Planteamiento de alternativas iniciales
IV.	Descripción de la propuesta inicial. Proyecto original.
	IV.1. Puente tipo viga.
	IV.2. Vigas prefabricadas tipo AASHTO V de hormigón pretensado.
	IV.3. Adaptación al trazo curvo.
	IV.4. Cimentación profunda
V.	Crítica a la propuesta previa.
	V.1. Puente tipo viga.
	V.2. Vigas prefabricadas tipo AASHTO V de hormigón pretensado.
	V.3. Adaptación al trazo curvo.
	V.4. Cimentación profunda
VI.	Mejoras propuestas
	VI.1. Vigas in situ, dovelas o metálicas.
	VI.2. Mejora de la geometría inicial propuesta.
	VI.2.1. Definición geométrica del trazo en planta y alzado.
	VI.2.2. Cambio de posición de las vigas consideradas problemáticas.
	VI.2.3. Nuevo cálculo de las posiciones y elevaciones de las vigas.
VII.	Descripción de la solución definitiva
	VII.1. Tablero
	V.II.1.1. Pavimento
	VII.2. Subestructuras
	VII.2.1. Aparatos de apoyo
	VII.2.2. Juntas de dilatación
	VII.3. Equipamientos
	VII.3.1. Parapeto
	VII.3.2. Guarniciones
VIII.	Conclusiones



I. Introducción

El objetivo del presente Anejo es el estudio de las diferentes alternativas que se plantean para la revisión del proyecto de puente sobre el libramiento oriente de Nogales en Sonora.

II. Condicionantes

Se exponen a continuación los condicionantes generales que se establecen para la obra del Periférico Oriente.

Funcionales:

El proyecto debe incluir el puente y los dos accesos, uno desde la zona Sur y otro desde la zona Norte uniando los dos tramos de Periférico:

- Acceso desde el Sur a cota +1.268,840 con pendiente de entrada -6 %.
- Acceso desde el Norte a cota +1.267,900 con pendiente de salida -0,67%

La división de la sección transversal del puente de acuerdo con el pliego deberá ser como mínimo la siguiente:

- Ancho mínimo exigido de 12.80 metros divididos en dos carriles centrales de 3,5 m para calzada, 2,5 para acotamiento y 0,8 m para protecciones.
- Se debe permitir un gálibo mínimo de 7,5 m sobre la base de las vías en el eje de trazo de vía de ferrocarril.
- Se debe permitir un gálibo mínimo de 5,5 m sobre la base de las vías vehiculares.

Técnicos:

- *Reposición de servicios:* Deberán reponerse los servicios de agua potable, gas, comunicaciones, energía eléctrica de viviendas, negocios y alumbrado público.
- *Drenaje:* el agua del punto más alto de la pendiente longitudinal se llevará hasta los terraplenes desde donde se llevará a las tuberías por construir.

Sostenibilidad:

La estructura deberá requerir poco mantenimiento. Los materiales empleados para la construcción así como su transporte y colocación deberán respetar los criterios ambientales y tener una vida útil elevada.

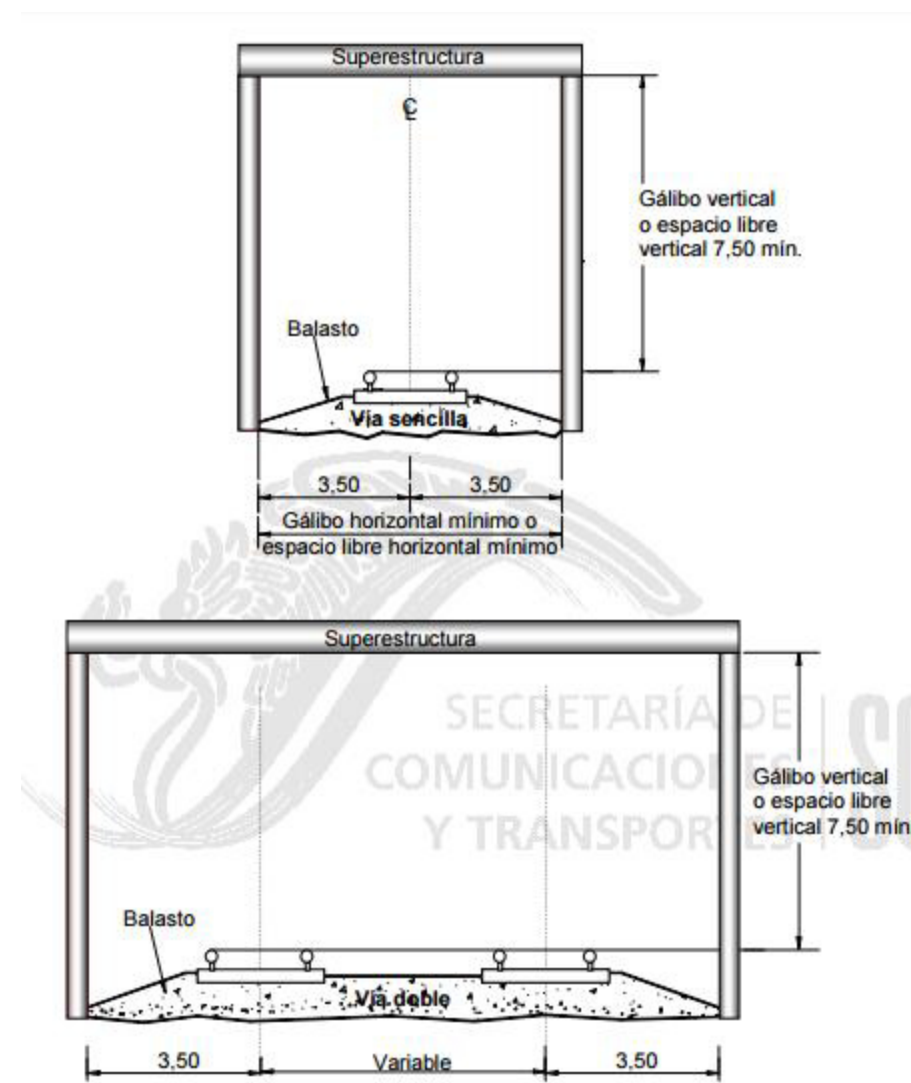


Figura II.1-1. Condicionantes de gálidos según M-PRY-CAR-6-01-008/04

Gálidos

Los gálidos que resultan más desfavorables son aquellos por donde pasa el ferrocarril. El mínimo se encuentra en 7,50 metros. Tal y como se puede comprobar en el "plano nº 2-1. Planta y alzado", el gálibo en el punto donde atraviesa el ferrocarril en la posición del eje de trazo es de 8,16 m. Si tenemos en cuenta la pendiente en ese punto y buscamos la viga más baja, se tiene una diferencia de 0,64 m. Haciendo la diferencia se tiene un gálibo de 7,52 m; dentro del mínimo de 7,50 m. Por tanto en este aspecto se considera válido el diseño.



III. Planteamiento de alternativas iniciales.

Muchas son las tipologías que hoy en día se pueden plantear en el momento de diseñar un puente. Pasando desde soluciones *in situ*, prefabricadas, de hormigón o acero y las combinaciones posibles que con éstas se pueden realizar. Pero, si bien es cierto, sólo unas pocas se adaptan a las luces y condicionantes que los pliegos imponen, reduciendo, en algunos proyectos, a una o dos las tipologías posibles. Otros sin embargo, dan un abanico de posibilidades. Sea cual sea el marco en el que el puente se encuentre, la importancia funcional y estética deben ir de la mano, pues aquello que se construye debe ajustarse económicamente también. Es función del ingeniero aunar estos tres condicionantes y la durabilidad para obtener con ello los mejores proyectos posibles.

Según la tipología estructural nos encontramos con puentes:

- Rectos o viga: utilizan la flexión generalizada (flexión, cortantes, torsión, etc) como mecanismo fundamental para transmitir las cargas.
- Arco de tablero inferior, superior e intermedio: utilizan el propio arco como elemento fundamental de soporte del tablero.
- Atirantados o colgados: utilizan una serie de tirantes o un cable colgado o ambos a la vez como soporte principal del tablero

Todos estos de hormigón, armado o pretensado, acero o mixtos.

COLGANTES														
ATIRANTADOS														
ARCOS														
VIGAS														
PORTICOS														
	0	5	10	15	20	30	40	60	100	150	200	300	400	

	Óptimo
	Posible utilización

Figura III.1-1. Tipologías.

La tabla anterior, muestra lo rangos de luces óptimas según tipologías desde el punto de vista económico. En el caso que compete

Teniendo en cuenta los condicionantes que impone el pliego, de trazo curvo y con una serie de vialidades que deben cruzarse, y buscando siempre la solución más económica, se plantean varias tipos de superestructura:

- Vigas rectas prefabricadas adaptadas al trazo curvo.
- Puente mixto con cajones metálicos.
- Vigas tipo cajón.

El proyecto original planteaba únicamente las vigas rectas, pero se observaba que en varios puntos del tramo en curva las vigas sobresalían de la estructura, dando un aspecto poco elegante y generando puntos conflictivos y de mayor deterioro.

Por ello se van a plantear las tres alternativas vistas antes y se verá cual de ellas va a resolver mejor la problemática del proyecto original.

A continuación se va a describir la solución inicial propuesta.

IV. Descripción de la propuesta inicial. Proyecto original.

La primera propuesta que se tiene para resolver el entronque ha de adaptarse a los condicionantes que se mencionan en el apartado “II. Condicionantes” de este mismo documento, que principalmente son:

- Ancho de la calzada de 12,8 metros.
- Trazo en curva con una elevación de la rasante de entrada de 1.268,840 m y una de salida de 1.267,900 m.
- Inexistencia de pilas en vías ferroviarias ni carreteras.
- Respetar gálibos en ferrocarril y vías vehiculares.

Antes estos condicionantes y buscando la mayor economía y sencillez en el procedimiento constructivo se elabora la primera propuesta que se basa en los siguientes puntos:

- Puente tipo viga.
- Vigas prefabricadas tipo AASHTO V de concreto pretensadas.
- Adaptación al trazo curvo mediante múltiples vigas rectas separadas una distancia variable entre los 29 y los 35 metros.
- Cimentación profunda con corona, pilas, encepado y pilotes.

IV.1. Puente tipo viga

El puente tipo viga que aquí se plantea se basa en un sistema de vigas biapoyadas unidas con vigas transversales en su parte inferior y una losa de concreto en su parte superior.

Las vigas (en total 8 en sección transversal) apoyan en una corona sustentada en una cimentación profunda. Sobre la corona se deben colocar los zoclos y todo el conjunto ha de permitir que se alcancen las alturas que demanda la rasante según su trazo.

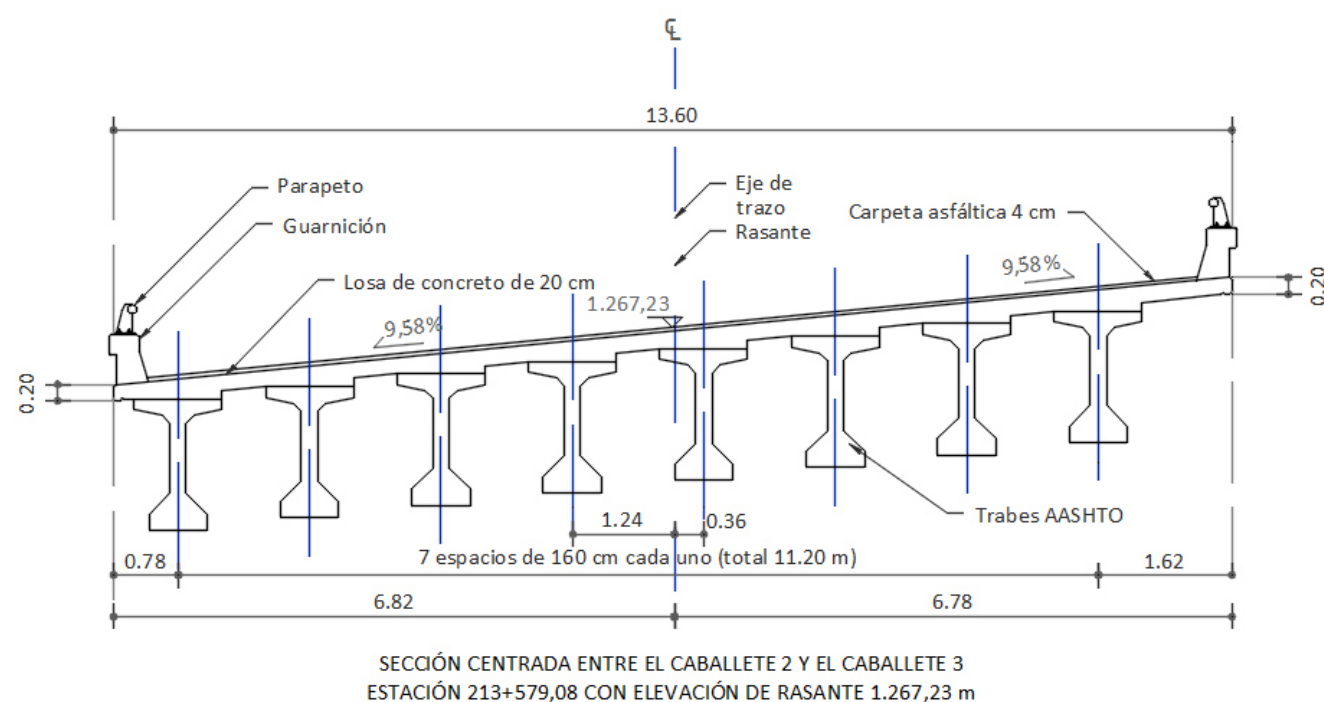


Figura IV.1-1. Sección.

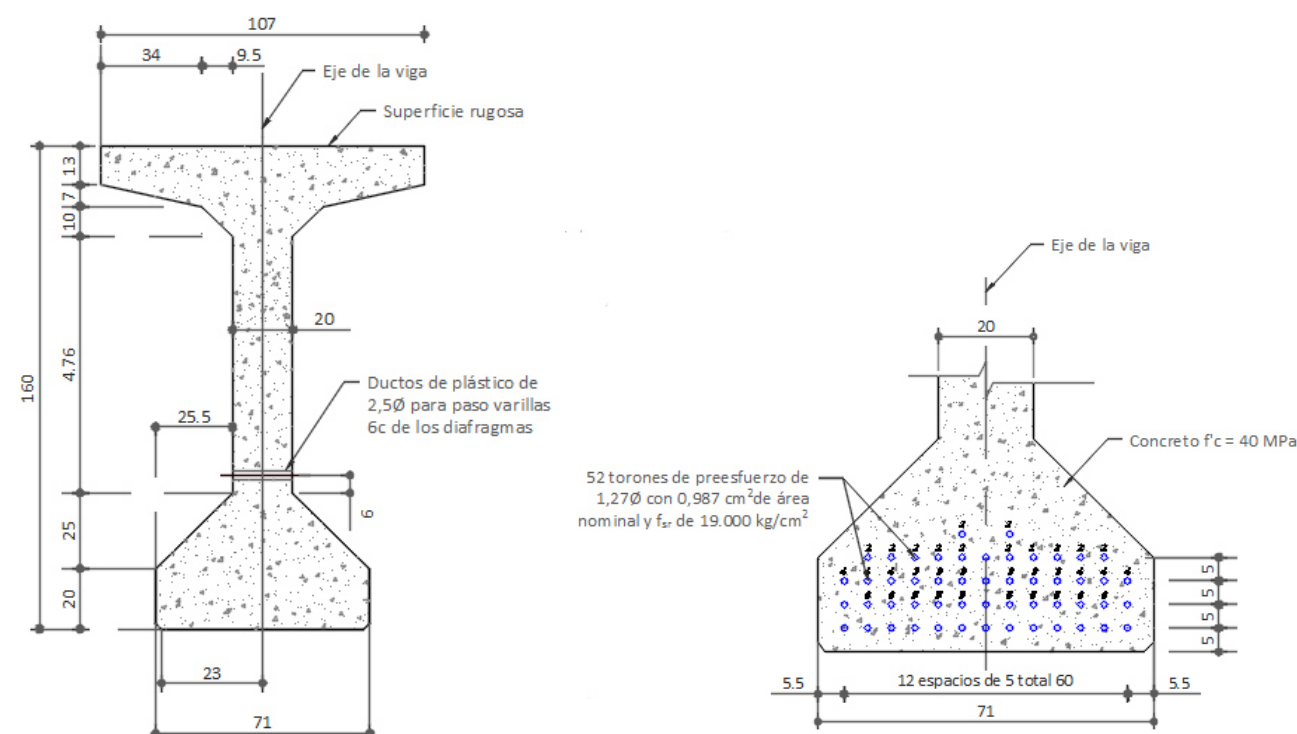


Figura IV.2-1. AASHTO V.

IV.2. Vigas prefabricadas AASHTO V de hormigón pretensado

Las vigas que plantea el diseño original son tipo AASHTO V, ya que éstas se recomiendan para vanos entre 27,4 y 36,6 metros. Las vigas son de concreto reforzado de resistencia a la compresión de 40 MPa y van pretensadas con 52 torones de media pulgada de diámetro $\frac{1}{2}''\phi$ de 270 k de baja relajación.

La ventaja de este tipo de vigas radica en que se trata de elementos prefabricados y su uso está muy extendido en México. De un lado es sencillo conseguir el suministro, de otro está muy estudiado su comportamiento y sus características mecánicas; el proceso de fabricación suele llevarse con un riguroso control asegura que sus características son las adecuadas y no varían. En este caso en específico es de gran utilidad que el elemento sea pretensado, ya que esto permite un montaje rápido en la obra sin demasiadas invasiones a la circulación inferior de vehículos y trenes.

Este tipo de vigas permite un almacenamiento y transporte muy cómodos. Su proceso de prefabricado en planta se lleva a cabo con procedimientos muy controlados y se puede asegurar una buena calidad de ejecución. Las longitudes de la viga vienen determinados por los catálogos que determinan los rangos habituales de uso. Su separaciones en dirección transversal vienen dados por el principio de la economía; ya que a más separación mayor cantidad de acero, y por tanto mayor coste. Por tanto hay que llegar a la solución de equilibrio entre cantidad de acero y número de vigas.

IV.3. Adaptación al trazo curvo

Para adaptarse al trazo curvo que plantean las condiciones técnicas, el proyecto inicial propone que la curva esté conformada por múltiples elementos rectos formando una poligonal que se acerca en su trazo a la curva. Estos elementos (que son las vigas rectas prefabricadas antes descritas) estarán separados unas longitudes variables estando el intervalo entre los 29 y los 35 metros.

Esta solución suele ser muy habitual en puentes conformados por vigas prefabricadas pretensadas, ya que no se tiene la posibilidad de adaptarse mediante prefabricado a formas curvas muy cerradas; la ejecución no es in situ. La solución suele adaptarse en gran medida a los trazos curvos siempre y cuando estos no sean excesivamente cerrados.

IV.4. Cimentación profunda

Tal y como se indica en el estudio geotécnico y en vista de la calidad del terreno, se dan las dos opciones; la cimentación superficial mediante zapatas y la profunda mediante pilas y pilotes. Ambos tipos de cimentación los recomienda el estudio y da para cada uno de ellos unas alturas de desplante y unas capacidades de carga admisible determinadas.

La solución por la que se opta en el original es de pilas unidas con los pilotes mediante un encepado intermedio. Opta por tanto por la solución de cimentación profunda. Sobre las pilas se coloca la corona sobre la que irán los neoprenos sobre los que se colocan las trabes. En total se colocan 10 caballetes separados una distancia variable como ya se ha indicado de entre 29 y 35 m según el caso. Los caballetes se conforman por pilas de 120 cm y pilotes de 150 cm. Sus longitudes son variables según la posición y dependen de la altura que en ese momento tiene la rasante y la altura sobre el terreno así como la profundidad requerida de desplante. Entre pila y pilote se coloca un encepado de dimensiones 100 cm de alto y 1560 de ancho.

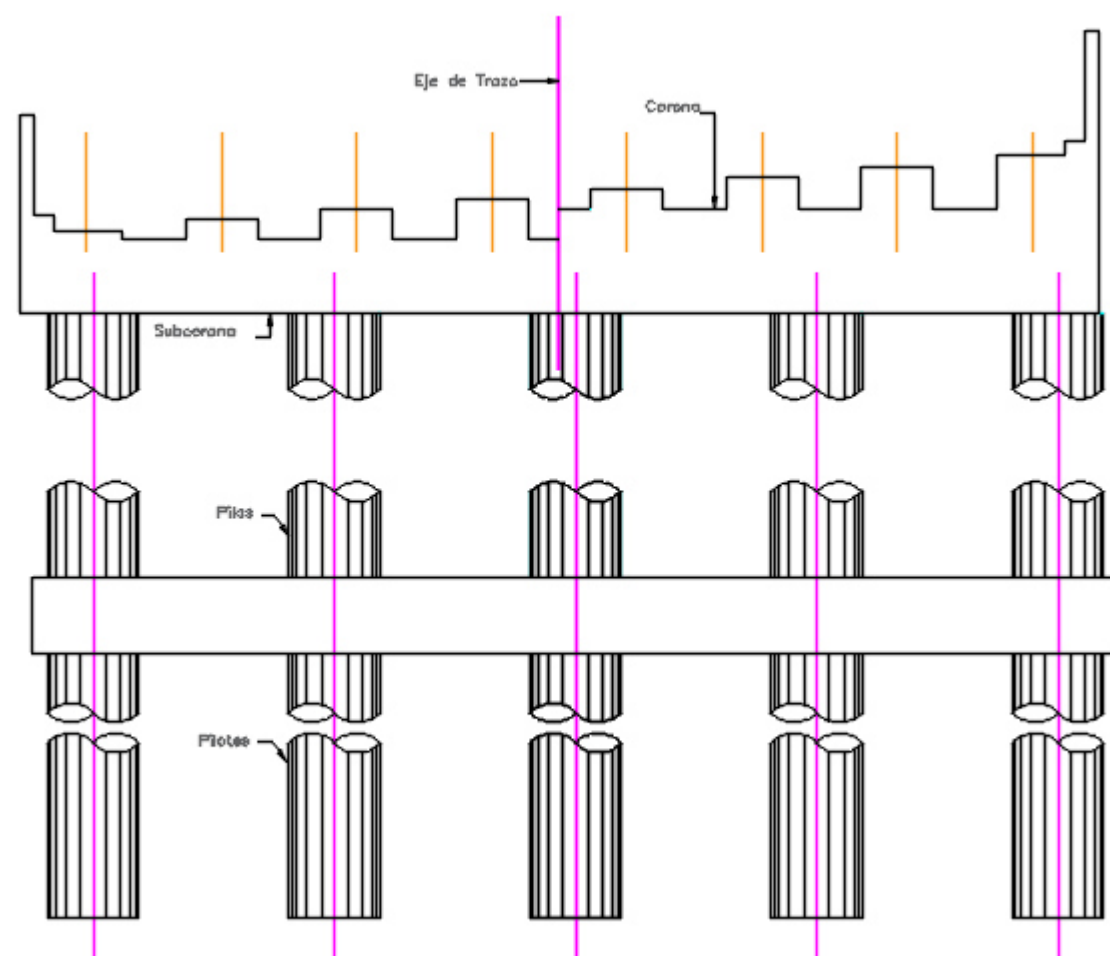


Figura IV.2-1. AASHTO V.

V. Crítica a la propuesta previa

Conocido el diseño original, se plantean una serie de problemas que deben ser resueltos en la propuesta posterior. Se pretende analizar cada uno de los puntos expuestos en el apartado anterior "IV. Descripción de la propuesta inicial. Proyecto original" y proponer posibles soluciones a estos problemas.

V.1. Puente tipo viga

La solución propuesta de un puente viga es adecuada a la situación en que nos encontramos. Se trata de la solución más sencilla de construir así como la más económica. La ventaja de diseñar un sistema de vigas biapoyadas se encuentra en la mayor sencillez no sólo en su ejecución sino también en su mantenimiento, ya que no requiere del desmontaje de muchos tramos de la estructura en caso de requerir cambios de neoprenos (el desgaste de neoprenos en los puentes suele ser un problema muy habitual que requiere de rehabilitación).

Para este tipo de trazos curvos, el ancho debe ir variando conforme se avanza en el trazo desde la recta a la clotoide y finalmente a la curva, llegando a su máximo sobreancho en la misma, tal y como lo propone el manual de la SCT.

En los trazos en curva se hace muy importante mantener unas rasantes adecuadas que permitan a los vehículos contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a sacarlos de la curva. La norma da unas indicaciones de las pendientes que deben tener en todo momento curvas y transiciones. Para asegurarse que estos requisitos de seguridad se cumplen en el presente documento se ha procedido a revisar los resultados obtenidos en el proyecto original. La solución que se alcanza se describe más adelante en el punto "VI. Mejoras propuestas."

V.2. Vigas prefabricadas AASHTO V de concreto pretensado

Este tipo de vigas como ya se ha comentado presentan múltiples ventajas por su facilidad de instalación en obra así como su economía, respecto a las ejecutadas in situ. Pese a ello presentan problemas como por ejemplo los que se indican en el siguiente apartado "V.3. Adaptación al trazo curvo", que radican en la dificultad para adaptarse a trazos curvos cerrados. La solución pasaría bien por ejecutar concreto in situ, que como se indica anteriormente podría presentar conflicto con la libre circulación de vehículos, o bien por incluir elementos metálicos como vigas. Un adecuado diseño de las vigas metálicas en formas curvas permitiría dar una solución a esta problemática.

V.3. Adaptación al trazo curvo

Como ya se ha ido anunciando, el principal problema que se observa en cuanto a la ejecución de un trazo curvo mediante poligonales rectas es la adecuada adaptación de estas últimas a trazos curvos cerrados. En el caso que se está estudiando, efectivamente el trazo constituye una curva cerrada, y por tanto las vigas rectas prefabricadas no se adaptan en gran medida. Se ha observado que en algunos puntos de la curva las vigas sobresalen del puente; es decir que si viéramos el puente desde arriba, debido al trazo curvo, podríamos observar tramos de trabe sobresaliendo de la estructura. Este fenómeno se acentúa por el tipo de trabe utilizado (AASHTO tipo V) que cuenta en sus dimensiones de una cabeza ancha (1067 mm), que hace que asome por fuera de la estructura. Este efecto

es estético y debido a un incorrecto diseño; además puede suponer un punto conflictivo de acumulación de agua o suciedad, lo que va a requerir de un especial mantenimiento. Se debe de tratar de resolver con una de las soluciones que se ven más abajo, por ejemplo.

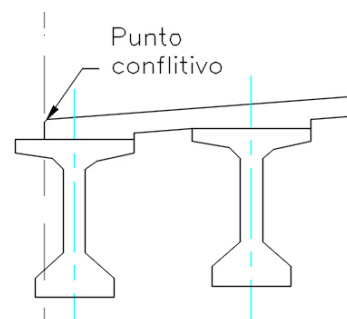


Figura V.3-1. Proyecto original. Vigas sobresalen de la estructura.



Figura V.3-2. Soluciones en curva.

V.4. Cimentación profunda

El último punto a tratar es el referente al tipo de cimentación. La solución original propone una cimentación profunda y en ningún punto da una justificación sobre el uso de la misma. Esta decisión no se entiende desde un punto de vista técnico – económico, ya que tal y como se indica en el estudio geotécnico se permiten los dos tipos de cimentación; superficial y profunda, y lo que suele ser habitual es que la superficial resulte más económica.

Tal vez un punto sea que el pilote se puede ejecutar de forma prefabricada e instalarlo en obra directamente, o que el estudio económico haya arrojado que había mayor rentabilidad en el uso del pilote. Sea cual sea el motivo, se decide que el estudio de la cimentación se excluye del presente proyecto y únicamente se menciona en el punto actual.

VI. Mejoras propuestas.

La solución adoptada plantea, una serie de mejoras a la propuesta inicial siguiendo los puntos vistos en el apartado anterior “V. Crítica a la propuesta anterior”

En cuanto al trazo de la rasante se va a mantener el original, ya que cumple con los requisitos que marcan los pliegos. Se trata de un puente de planta curva y un alzado, con pendientes que van variando dependiendo del terreno.

Se plantean posibles soluciones a los problemas vistos de la forma que sigue:

- Vigas in situ, dovelas o metálicas.
- Mejora de la geometría inicial propuesta; mediante nuevas posiciones de las vigas adaptándose a los sobrehanchos y peraltes requeridos.

VI.1. Vigas in situ, dovelas o metálicas

Como se indicaba anteriormente una solución al problema principalmente formal de no adaptarse al trazo curvo, lo pueden resolver otro tipo de vigas que no sean las AASHTO prefabricadas. Este tipo de vigas no se adaptan en este caso al trazo curvo. En los planos originales se ha observado que en las partes centrales de la curva las vigas sobresalían:

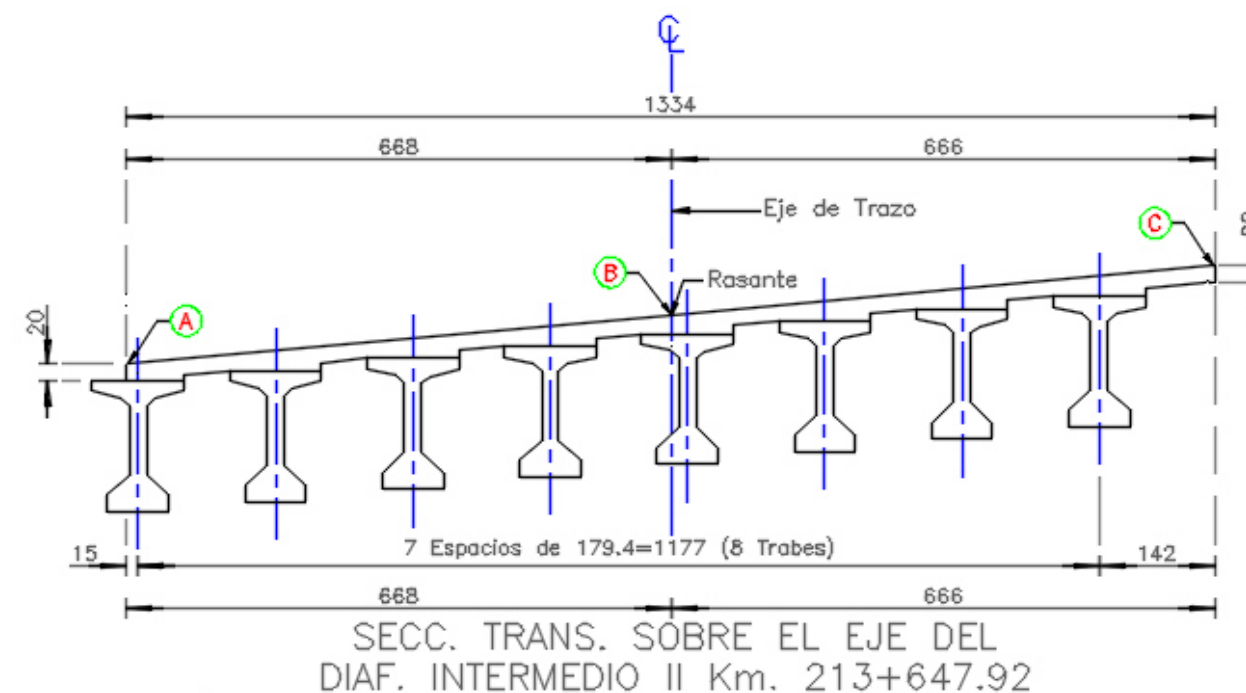


Figura VI.1-1. Geometría previa.



En la imagen que se muestra anteriormente, original del proyecto “PSFFCC Ent. Nogales Libramiento Oriente de Nogales”, se observa que las vigas sobresalen del límite marcado por las guarniciones, casi llegando a salirse el eje de la última viga. La imagen corresponde con una sección a un tercio del vano (que es la posición del diafragma); en la parte central del vano este caso aún llega a ser más extremo. Y esta situación no es única de este vano sino que se observa en la mayor parte de las secciones del tramo en curva.

VI.2. Mejora de la geometría inicial propuesta

Por tanto se pretende resolver la problemática observada con el siguiente método:

1. Definición geométrica del trazo en planta y alzado.
2. Cambio de posición de las vigas consideradas problemáticas.
3. Nuevo cálculo de las posiciones y elevaciones de los puntos de apoyo de las vigas.

VI.2.1. Definición geométrica del trazo en planta y alzado.

En primer lugar hay que definir el trazo en su forma curva en planta. Los datos provienen de los requisitos técnicos, que ya marcan la evolución del trazo en su desarrollo.

Para empezar se parte de una recta que se acaba poco antes del primer caballete, convirtiéndose en una clotoide que transforma a lo largo de 64 m la recta en una curva. La misma se desarrolla en los siguientes 93,53 m para volver a convertirse en clotoide que devuelve el trazo a una recta en planta. El caballete nº 10 ya se encuentra en la recta final.

A continuación se muestran los puntos de cambio de trazado:

- Inicio clotoide 1: 213+517,77
- Inicio curva: 213+581,77
- Fin curva: 213+675,13
- Fin clotoide 2: 213+739,13

La curva va a tener un ángulo de desarrollo de 26° y un radio de 208,348 m. Se va a tratar por tanto de una curva muy cerrada.

Más adelante se indica que el punto en el que se localiza del trazo, la sección va a contar con unas pendientes y sobreanchos determinados, lo que afectará a las posiciones de las vigas.

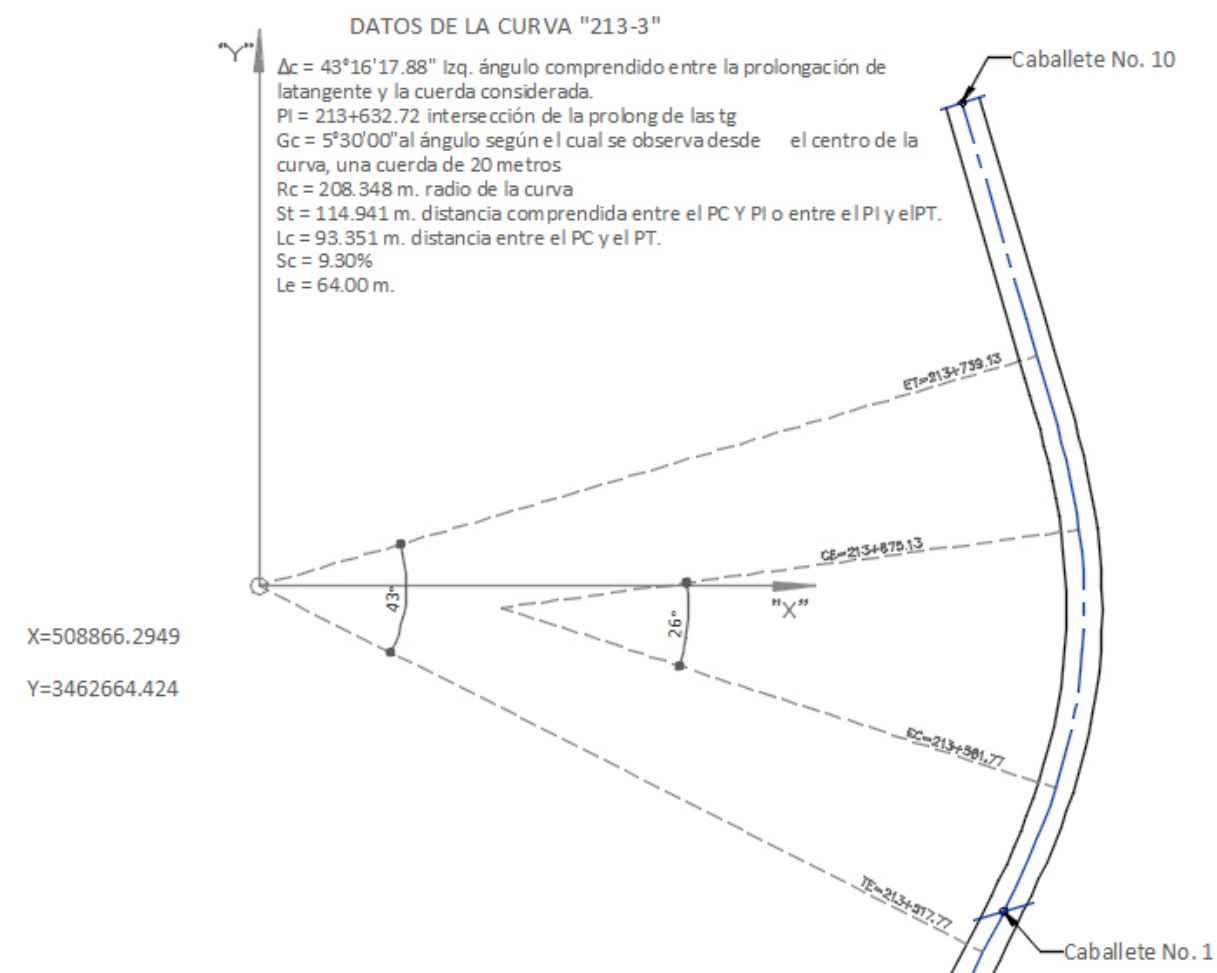


Figura VI.2.1-1. Datos de la curva en planta.

En la vista en alzado se trata de una curva que se adapta a 3 pendientes:

- Entrada del - 6,00%
- Intermedia 2,38 %
- Salida – 0,67 %

A continuación se mostrará de un lado la relación de sobreanchos y pendientes que recomienda SCT, del otro las fórmulas con las que se podrá comenzar a obtener las elevaciones del punto del trazo requerido según su localización.

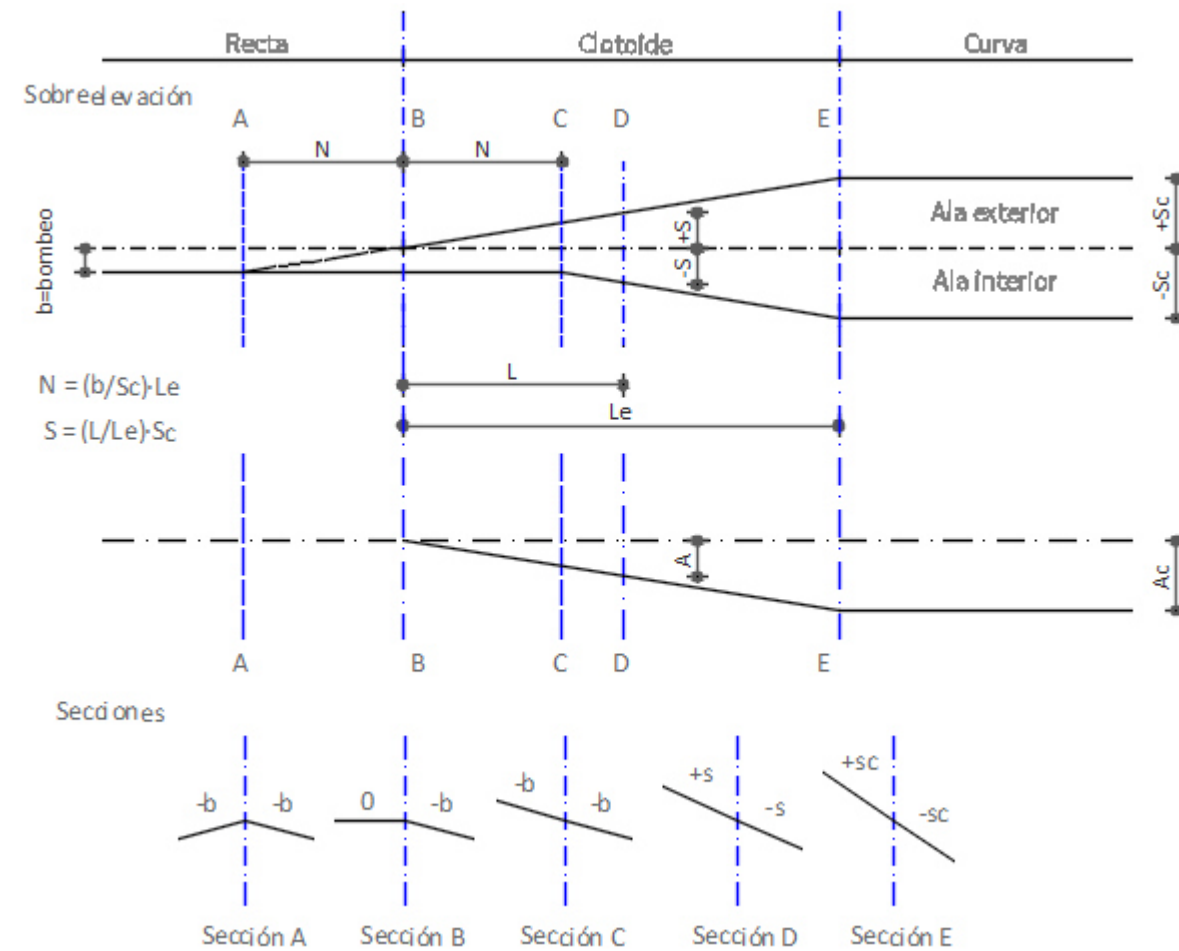


Figura VI.2.1-2. Pendientes y sobrehanchos en transiciones y curvas..

En la imagen anterior se observa la pendiente según el punto de la curva o transición en donde se encuentra y la pendiente que le corresponde. También se indican los sobrehanchos que debe tener la curva.

Los valores de sobrehanchos y pendientes máximos en la curva se obtienen de la tabla 004-8 Del manual de diseño geométrico de la SCT.

Para un ángulo de $G_c = 5^\circ 30'$ según el cual se observa desde el centro de la curva una cuerda de 20 m, se tiene:

- Ac sobrehancho = 80 cm.
- Sc pendiente en la curva = 10 %.

Para calcular las elevaciones en alzado se utiliza la siguiente fórmula:

$$Elev_b = Elev_a + m_e \cdot x - \frac{m_e - m_s}{2 \cdot L} \cdot x^2$$

Donde;

$Elev_b$ es la altura del punto que se quiere determinar, en m
 $Elev_a$ es la elevación de la que se conoce su altura, en m
 m_e pendiente de entrada
 m_s pendiente de salida
 x distancia entre el punto a determinar y el de elevación conocida, en m
 L longitud total

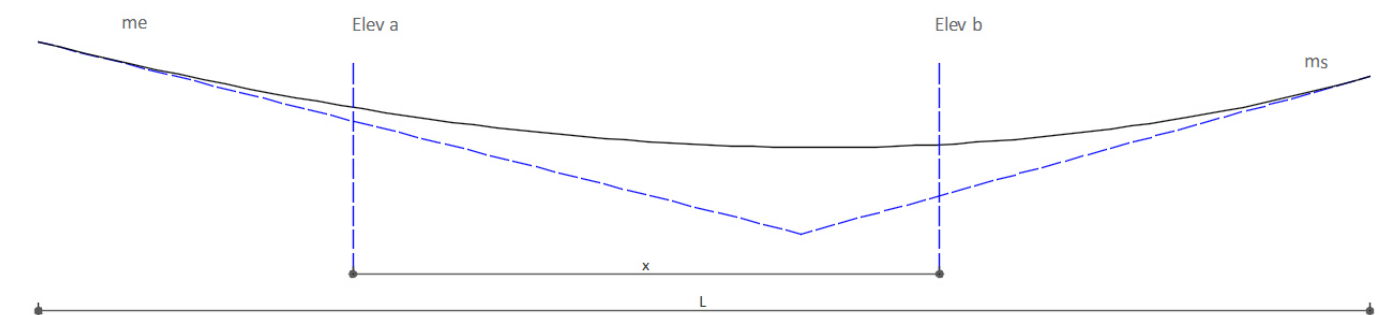


Figura VI.2.1-3. Curva en alzado.

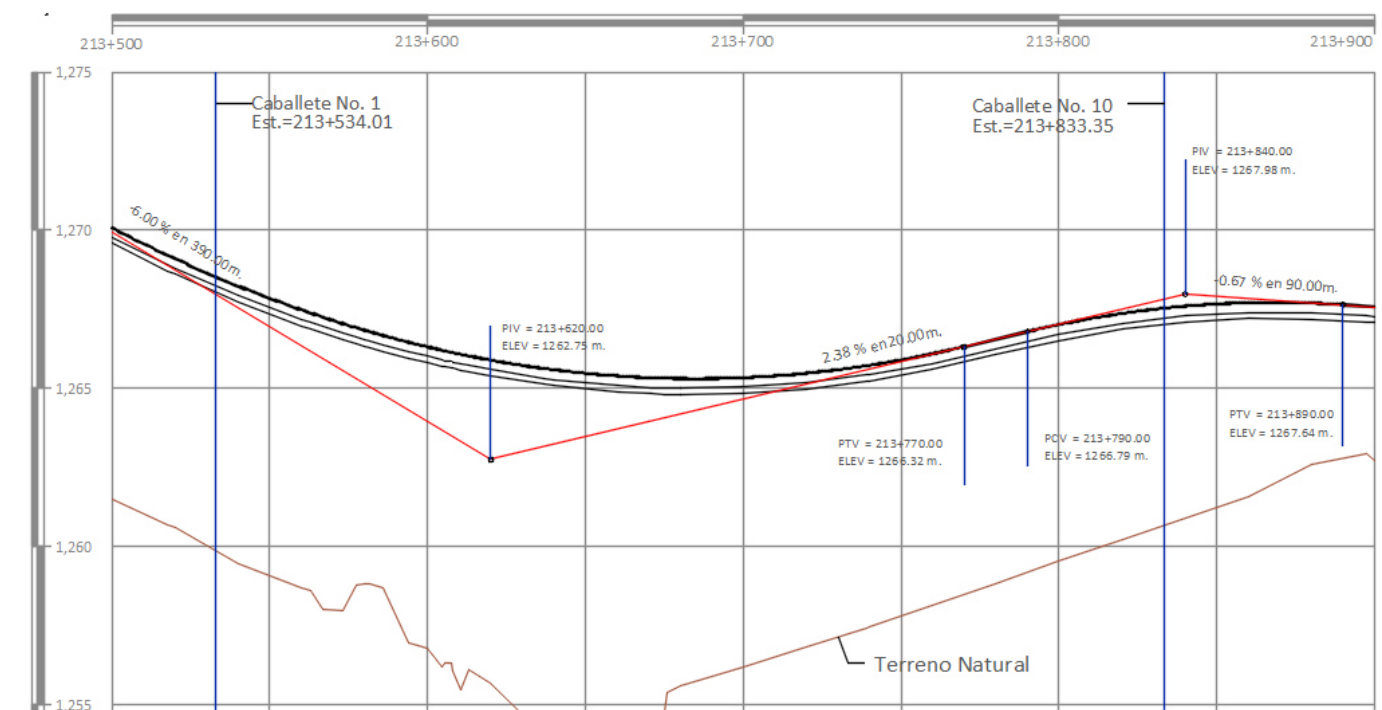


Figura VI.2.1-4. Datos de la curva en alzado.



A partir de las fórmulas anteriores y conociendo los datos de la curva se pueden obtener las siguientes tablas:

	Radio curva	Sobreeancho	Bombeo	Distancia N
	m	M	%	m
Datos de la curva	Rc	Ac	b	N
	208,35	80	2	12,80

Datos del trazo										
Apoyo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estación	213.534,01	213.564,54	213.593,61	213.624,58	213.659,51	213.694,40	213.729,25	213.764,09	213.798,93	213.833,35
Elevación	1.268,84	1.267,69	1.266,83	1.266,17	1.265,76	1.265,68	1.265,94	1.266,54	1.267,35	1.267,90
Ac sobreancho	20,30	58,46	80,00	80,00	80,00	55,91	12,35	0,00	0,00	0,00
S pendiente	2,54	7,31	10,00	10,00	10,00	6,99	1,54	-	-	-
Ala exterior	2,54	7,31	10,00	10,00	10,00	6,99	1,54	-2	-2	-2
Ala interior	-2,54	-7,31	-10,00	-10,00	-10,00	-6,99	-2,00	-2	-2	-2

VI.2.2. Cambio de posición de las vigas consideradas problemáticas

Para evitar el problema descrito anteriormente en que se observa que algunas vigas sobresalían del trazo del puente visto en planta, se plantea mover algunas de ellas y ajustarlas en la medida de lo posible al ancho determinado en la tabla anterior.

El procedimiento consiste en lo siguiente:

1. En primer lugar se coloca el eje del trazo en su lugar y a partir del mismo se miden los extremos del puente, con el ancho de sección más los sobreanchos indicados.
2. Se puede trazar una paralela a los límites del puente con la mitad del ancho de cabeza de la viga AASHTO V, para evitar que no sobresalga la viga.
3. Por último, conociendo la posición de las vigas en planta, se puede conocer su posición en alzado.

Esto se realiza mediante la herramienta informática Autocad y se pueden consultar sus dimensiones en el "Documento nº 2 Planos".

A continuación se procede a calcular de nuevo la posición de las vigas. El procedimiento utilizado se describe a continuación.

VI.2.3. Nuevo cálculo de las posiciones y elevaciones de las vigas.

Para definir posiciones y elevaciones de los puntos de apoyo de las vigas se ha de partir de la posición del eje de trazo en el caballete a estudiar.

A partir de su posición, se mide la longitud a la que se encuentra la prolongación de cada viga, todo ello medido sobre el trazo. Si el trazo es recto directamente se mide en línea recta; si el trazo es curvo debe prolongarse mediante el radio de la curva y medir de forma angular. Conocida esta diferencia se puede obtener la posición de la viga.

$$d = l \quad \text{si el tramo es recto}$$

$$d = R \cdot \theta \quad \text{si el tramo es curvo}$$

$$PK = PK_{\text{caballete}} \pm d$$

Conocida la posición de la viga se puede aplicar la fórmula que se ha visto en el punto VI.2.1 para determinar la elevación de la viga.

$$Elev_b = Elev_a + m_e \cdot x - \frac{m_e - m_s}{2 \cdot L} \cdot x^2$$

Esta elevación aún no está afectada por la pendiente que lleva la sección, por lo cual debe sumarse esa pendiente por la longitud de sección que se recorre hasta la viga. Esto dará su posición y su elevación definitiva, lo que permitirá el diseño de zoclos y coronas de apoyo.

$$Elev_{\text{viga}} = Elev_b \pm \text{pendiente} \cdot \text{longitud}$$

Se pueden consultar los resultados obtenidos en las tablas del anexo geométrico. Se han comparado debidamente con los resultados que proponía el proyecto original y se ha comprobado que los resultados para las vigas que no se han desplazado son adecuados. Para las vigas que se mueven de posición en el mencionado anexo.

VI.3. Conclusiones sobre la propuesta

La solución definitivamente adoptada mejora la solución previa al permitir que las vigas que sobresalían dejen de hacerlo. En esto se mejora el diseño original. Por otro lado, se ha mostrado el proceso que habitualmente se utiliza para calcular las posiciones y elevaciones de las vigas en puentes.

Realizar adecuadamente estos cálculos resulta muy importante para asegurar una buena funcionalidad y seguridad a la hora de utilizar el puente, ya que asegura que se cumpla con las pendientes y sobreanchos que se requieren en este tipo de vialidades en trazo curvo.

VII. Descripción de la solución definitiva

Resueltos algunos aspectos que quedaban incompletos en el proyecto original

VII.1. Tablero

El tablero que conforma la superestructura mantiene las características del proyecto original. Se basa en una carpeta asfáltica de 4 cm de espesor, una losa de concreto armada de 20 cm de espesor que apoya sobre un total de 8 vigas prefabricadas tipo AASHTO V preesforzadas. La superestructura se completa con las guarniciones y parapetos en los extremos.

De la misma forma como se ha indicado anteriormente, el puente es de trazo curvo en algunos de los vanos, que son en total 9. Los extremos de los vanos apoyan sobre caballetes que transmiten los esfuerzos a pilas de cimentación.

VII.1.1. Pavimento

Para la capa de rodadura se utilizará una mezcla bituminosa semidensa en caliente AC16surfS y para la capa intermedia-base una mezcla bituminosa densa en caliente AC22binD. Como ligante, por estar en una zona térmica media se colocará, un B60/70.

VII.2. Subestructuras

La subestructura parte del conjunto de neoprenos que reciben las vigas. Estos apoyan sobre unos zoclos que son unas pequeñas bases que forman parte de la corona. Todo el conjunto es un elemento masivo que va a dar a unas pilas. Estas pilas apoyan sobre una viga de unión (como un encepado) ya enterrada y que apoya sobre los pilotes.

Los pilotes y pilas son de hormigón armado de 1,20 m de diámetro y se colocan un total de entre 4 o 5 por caballete. En total 10 caballetes.

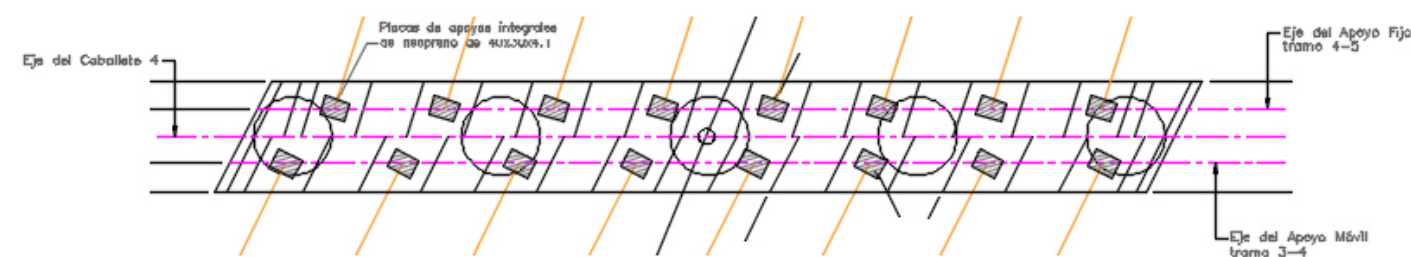


Figura VII.2-1 Subestructuras.

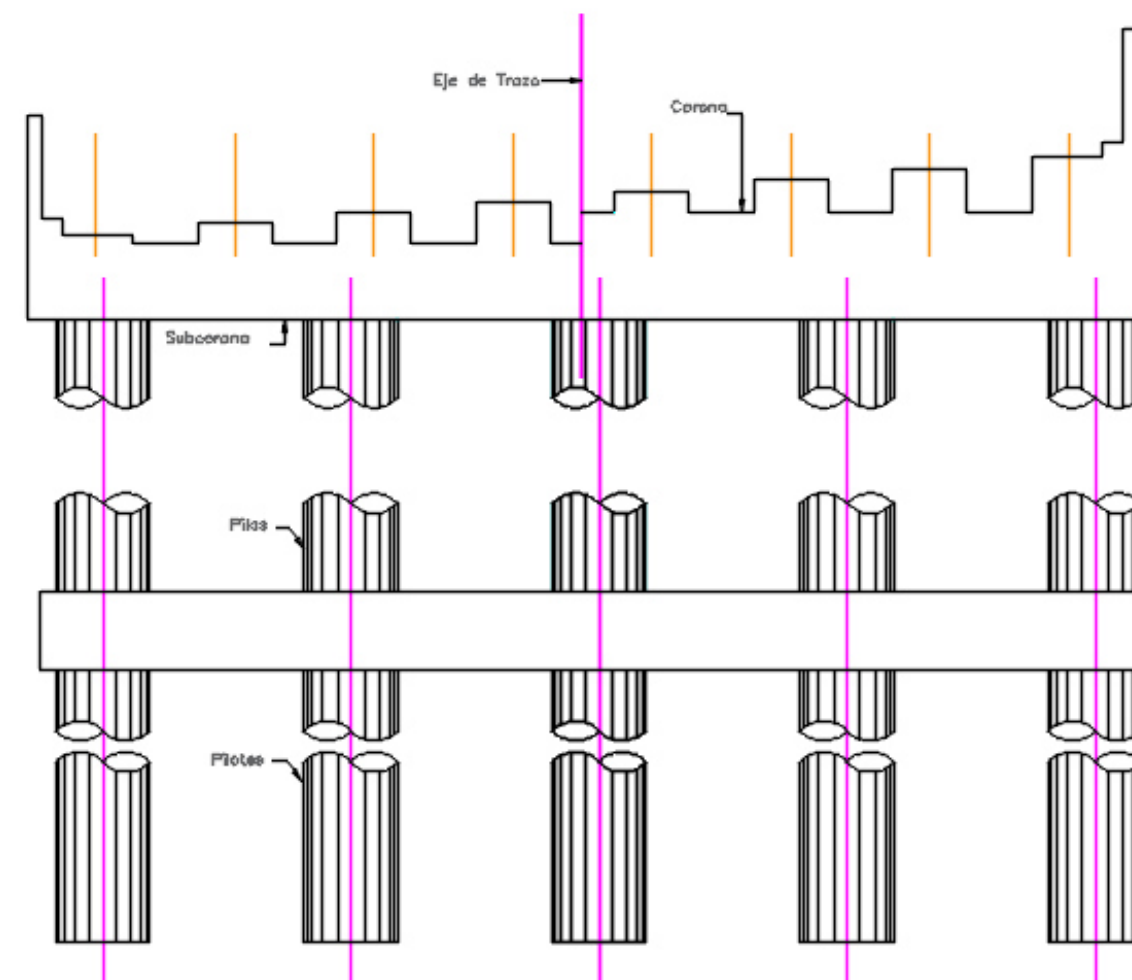


Figura VII.2-1 Subestructuras en alzado.

La subestructura en definitiva la forma un conjunto de 10 caballetes que apoyan sobre las pilas que apoyan sobre el encepado, el cual definitivamente transmite las cargas al terreno mediante los pilotes. Todo ello se completa con muros de contención del terreno en las zonas de los accesos al viaducto.

VII.2.1. Aparatos de apoyo

Los aparatos de apoyo elegidos para que descansen las vigas sobre los zoclos son de neopreno de dureza shore de 60 de 20 x 40 x 0,3 o similar. Cuentan con placa de acero estructural de 19 x 39 x 5,7. Para los apoyos intermedios es el mismo tipo de neopreno pero con capas de acero estructural en lugar de 3.

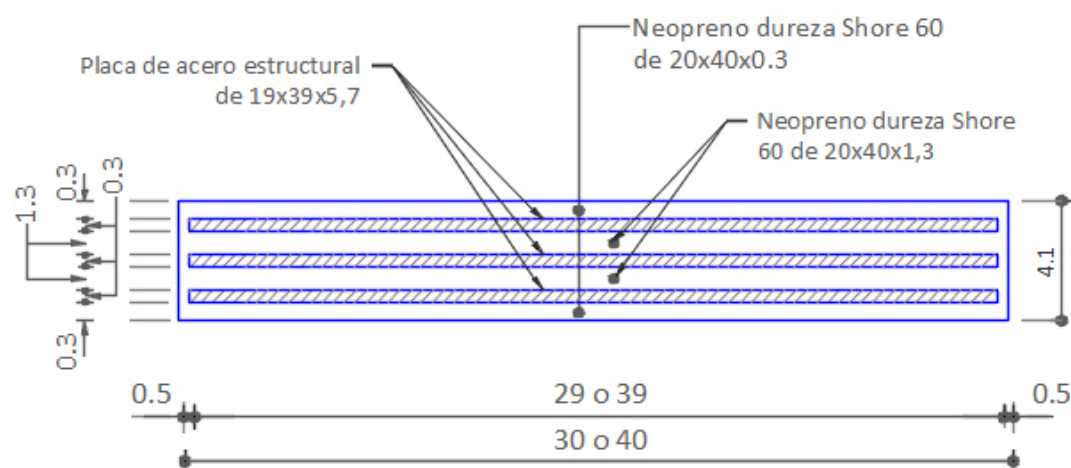


Figura VII.2-1 Aparatos de apoyo.

Los aparatos de apoyo irán colocados en los extremos de cada viga; uno al inicio y otro al final.

VII.2.2. Juntas de dilatación

Por lo que respecta a las juntas de dilatación del puente se ha decidido colocar juntas de dilatación de elastómero reforzado. Las juntas elegidas son de la marca transflex, o similar. Sus características técnicas son las siguientes:

Modelo	Capacidad de mov	Altura	Anchura	Long módulo	Ancho mínimo del espaldón.	φPerno
150	38 (+19) mm	1750 mm	35 mm	1750 mm	270 mm	12 mm



Figura VII.2.2-1 Juntas de dilatación.

Se han de localizar cada 30 m de separación a lo largo de toda la sección.

VII.3. Equipamientos

A continuación se describen algunos de los equipamientos principales del puente:

VII.3.1. Parapeto

El parapeto se coloca sobre la guarnición. Se trata de un elemento metálico circular de 9 cm de diámetro. El mismo se sostiene mediante un elemento en forma de agarradera de 1,27 mm de espesor. Para su fijación se utiliza una placa de 0,95 mm y unos pernos roscados de 2,54 mm.

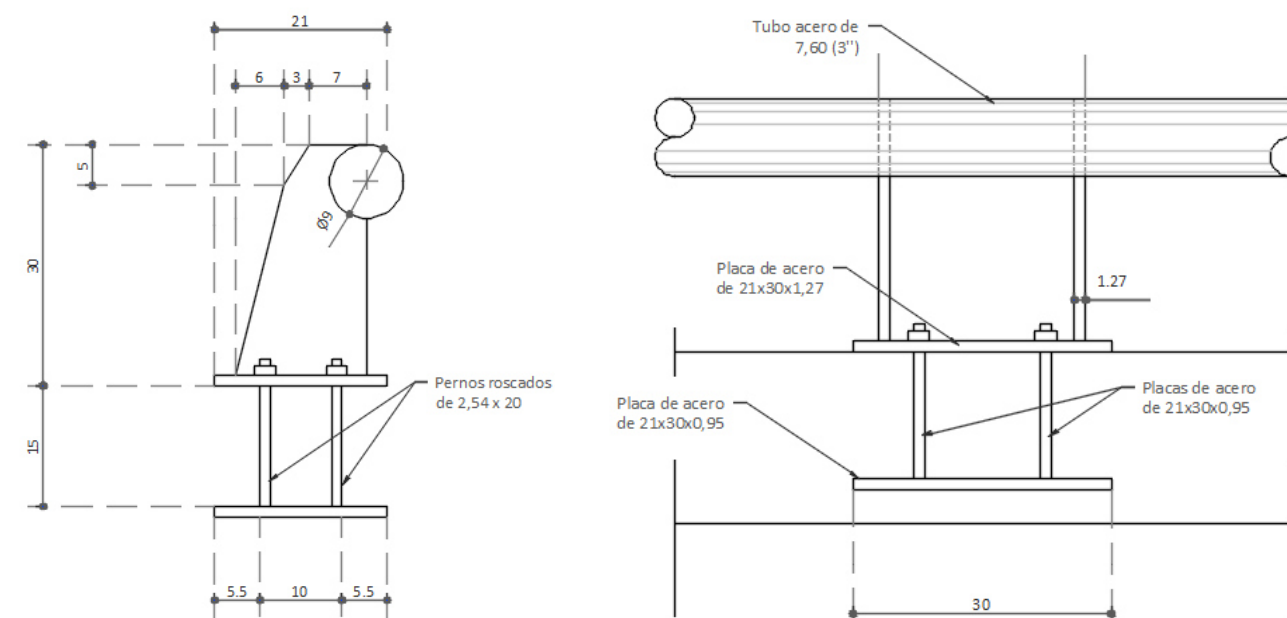


Figura VII.3.1-1 Parapeto.



VII.3.2. Guarniciones

Las guarniciones están conformadas por bloques de hormigón prefabricados colocados a ambos extremos del puente. El armado y dimensiones de las mismas se incluyen en el “Plano 5-2 Detalles”.

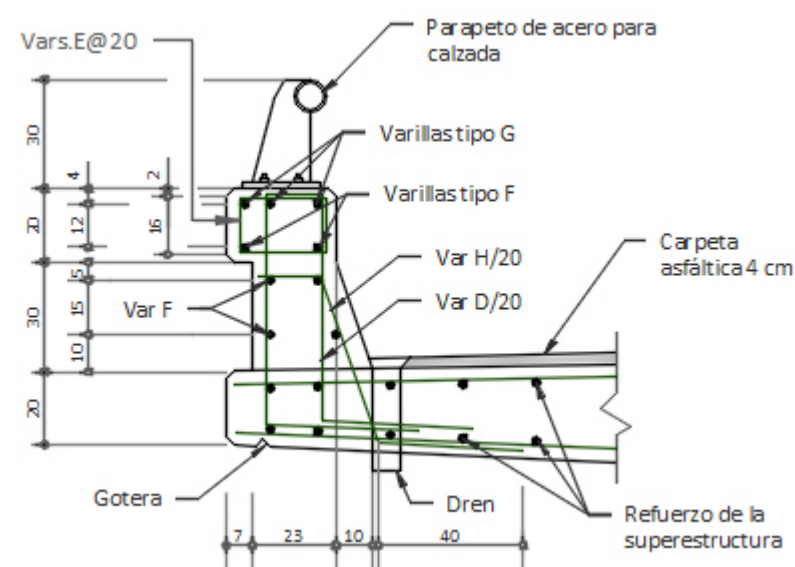


Figura VII.3.2-1 Guarnición.

VIII. Conclusiones

En el presente anejo se ha tratado de describir de la forma más completa posible la solución previa y la forma en que esta se ha ido mejorando. Se plantean posibles soluciones y se resuelven mediante las fórmulas y metodologías que proponen las normativas mexicanas.

Se considera por todo ello que se alcanzan los objetivos de este anejo y que se da una solución adecuada a los problemas planteados.

- Se resuelven los problemas que generaba que algunas vigas sobresalieran del final de la losa.
- Se especifica el método de cálculo de posiciones y elevaciones de las vigas utilizado en México y se valida mediante la comprobación con el plano original.
- Se asegura la seguridad de peraltes y sobrecanchos requerido en diseños con trazo curvo.



ANEXO AL ANEJO Nº1 ESTUDIO DE SOLUCIONES. BIBLIOGRAFÍA

Libros

MONLEÓN CREMADES, S. (2013). *Curso de concepción de puentes. Parte (I): Diseño de puentes*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
GLS PREFABRICADOS. *Catálogo* 2011. Lleida

Normativa

España. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. IAP-11, Mayo de 2012.
España. Instrucción del acero estructural. EAE. Noviembre 2012.
España. Instrucción del hormigón estructural. EHE-08. 2008
España. Eurocódigo 1: Bases para el proyecto y acciones en estructuras. Noviembre 1998.
España. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Abril de 2013.
España. EHE 08: Instrucción de hormigón estructural. Mayo de 2010.
USA. AASHTO LRFD Bridge design specifications 6th Ed. 2012.
México. M-PRY-CAR-6-01-007. Proyecto para puentes y estructuras. 2014
México. Manual de proyecto geométrico para puentes SCT.1991.

Páginas web

MEXPRESA
< http://www.mexpresa.com/productos/juntas_t.php > [Consulta: 1 de Mayo de 2015]

Tesis y proyectos.

Perea Morales, Carlos. (2012). *Proyecto constructivo de un puente sobre la riera de Rubí*. Tutores: José Manuel Gonzalez López y Jesús Miguel Bairán García. Proyecto de fin de carrera. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.



ANEXO AL ANEJO Nº1 ESTUDIO DE SOLUCIONES. POSICIONES Y ELEVACIONES DE LAS VIGAS



Posiciones y elevaciones de las vigas										
	Viga	Eje	Rasante eje	Longitud	Posición Viga	Elev. Viga rasante	Ac Ampliación	Pendiente externa	Pendiente interna	Elevación de la viga
CABALLETE 1	1	213.534,01	1.268,84	-507	213.528,940	1.269,059	13,963	-2,00	1,75	1.268,947
	2			-361	213.530,400	1.268,996	15,788	-2,00	1,97	1.268,916
	3			-216	213.531,850	1.268,933	17,600	-2,20	2,20	1.268,880
	4			-72	213.533,290	1.268,872	19,400	-2,43	2,43	1.268,853
	5			72	213.534,730	1.268,811	21,200	-2,65	2,65	1.268,833
	6			215	213.536,160	1.268,752	22,988	-2,87	2,87	1.268,821
	7			358	213.537,590	1.268,693	24,775	-3,10	3,10	1.268,817
	8			500	213.539,010	1.268,635	26,550	-3,32	3,32	1.268,820
	HI			-602	213.527,990	1.269,100	12,775	-2,00	1,60	1.268,967
	HD			595	213.539,960	1.268,596	27,738	-3,47	3,47	1.268,827
CABALLETE 2 PARTE ANTERIOR	1	213.564,54	1.267,69	-380	213.560,740	1.267,816	53,713	-6,71	6,71	1.267,440
	2			-254	213.562,000	1.267,772	55,288	-6,91	6,91	1.267,496
	3			-130	213.563,240	1.267,730	56,838	-7,10	7,10	1.267,559
	4			-7	213.564,470	1.267,688	58,375	-7,30	7,30	1.267,630
	5			114	213.565,680	1.267,648	59,888	-7,49	7,49	1.267,708
	6			235	213.566,890	1.267,608	61,400	-7,68	7,68	1.267,792
	7			353	213.568,070	1.267,569	62,875	-7,86	7,86	1.267,883
	8			471	213.569,250	1.267,531	64,350	-8,04	8,04	1.267,981
	HI			-495	213.559,590	1.267,856	52,275	-6,53	6,53	1.267,399
	HD			571	213.570,250	1.267,499	65,600	-8,20	8,20	1.268,072
CABALLETE 2 PARTE POSTERIOR	1	213.564,54	1.267,69	-152	213.563,020	1.267,737	56,563	-7,07	7,07	1.267,213
	2			-108	213.563,460	1.267,722	57,113	-7,14	7,14	1.267,344
	3			-65	213.563,890	1.267,708	57,650	-7,21	7,21	1.267,479
	4			-22	213.564,320	1.267,693	58,188	-7,27	7,27	1.267,616
	5			22	213.564,760	1.267,679	58,738	-7,34	7,34	1.267,756
	6			65	213.565,190	1.267,664	59,275	-7,41	7,41	1.267,900
	7			107	213.565,610	1.267,650	59,800	-7,48	7,48	1.268,046
	8			150	213.566,040	1.267,636	60,338	-7,54	7,54	1.268,195
	HI			-179	213.562,750	1.267,746	56,225	-7,03	7,03	1.267,135
	HD			175	213.566,290	1.267,628	60,650	-7,58	7,58	1.268,290

Posiciones y elevaciones de las vigas										
	Viga	Eje	Rasante eje	Longitud	Posición Viga	Elev. Viga rasante	Ac Ampliación	Pendiente externa	Pendiente interna	Elevación de la viga
CABALLETE 3 PARTE ANTERIOR	1	213.593,61	1.266,83	-152	213.589,431	1.266,936	80,000	-10,00	10,00	1.266,376
	2			-108	213.590,524	1.266,907	80,000	-10,00	10,00	1.266,507
	3			-65	213.591,574	1.266,880	80,000	-10,00	10,00	1.266,640
	4			-22	213.592,608	1.266,853	80,000	-10,00	10,00	1.266,773
	5			2	213.593,630	1.266,827	80,000	-10,00	10,00	1.266,907
	6			65	213.594,626	1.266,802	80,000	-10,00	10,00	1.267,042
	7			107	213.595,612	1.266,777	80,000	-10,00	10,00	1.267,177
	8			150	213.596,581	1.266,753	80,000	-10,00	10,00	1.267,313
	HI			-179	213.588,696	1.266,956	80,000	-10,00	10,00	1.266,284
	HD			175	213.597,098	1.266,740	80,000	-10,00	10,00	1.267,391
CABALLETE 3 PARTE POSTERIOR	1	213.593,61	1.266,83	-152	213.590,805	1.266,900	80,000	-10,00	10,00	1.266,347
	2			-108	213.591,761	1.266,875	80,000	-10,00	10,00	1.266,480
	3			-65	213.592,704	1.266,851	80,000	-10,00	10,00	1.266,614
	4			-22	213.593,630	1.266,827	80,000	-10,00	10,00	1.266,748
	5			22	213.594,566	1.266,803	80,000	-10,00	10,00	1.266,882
	6			65	213.595,467	1.266,781	80,000	-10,00	10,00	1.267,018
	7			107	213.596,356	1.266,759	80,000	-10,00	10,00	1.267,154
	8			150	213.597,232	1.266,737	80,000	-10,00	10,00	1.267,290
	HI			-179	213.589,720	1.266,929	80,000	-10,00	10,00	1.266,208
	HD			175	213.598,040	1.266,717	80,000	-10,00	10,00	1.267,418
CABALLETE 4 PARTE ANTERIOR	1	213.624,58	1.266,17	-152	213.621,643	1.266,223	80,000	-10,00	10,00	1.265,670
	2			-108	213.622,364	1.266,210	80,000	-10,00	10,00	1.265,815
	3			-65	213.623,074	1.266,198	80,000	-10,00	10,00	1.265,961
	4			-22	213.623,773	1.266,186	80,000	-10,00	10,00	1.266,107
	5			22	213.624,528	1.266,173	80,000	-10,00	10,00	1.266,252
	6			65	213.625,151	1.266,163	80,000	-10,00	10,00	1.266,400
	7			107	213.625,817	1.266,152	80,000	-10,00	10,00	1.266,547
	8			150	213.626,473	1.266,141	80,000	-10,00	10,00	1.266,694
	HI			-179	213.621,186	1.266,231	80,000	-10,00	10,00	1.265,579
	HD			175	213.626,888	1.266,134	80,000	-10,00	10,00	1.266,792



Posiciones y elevaciones de las vigas										
	Viga	Eje	Rasante eje	Longitud	Posición Viga	Elev. Viga rasante	Ac Ampliación	Pendiente externa	Pendiente interna	Elevación de la viga
CABALLETE 4 PARTE POSTERIOR	1	213.624,58	1.266,17	-152	213.622,641	1.266,206	80,000	-10,00	10,00	1.265,628
	2			-108	213.623,339	1.266,194	80,000	-10,00	10,00	1.265,781
	3			-65	213.624,025	1.266,182	80,000	-10,00	10,00	1.265,934
	4			-22	213.624,701	1.266,170	80,000	-10,00	10,00	1.266,088
	5			22	213.625,367	1.266,159	80,000	-10,00	10,00	1.266,242
	6			65	213.626,022	1.266,149	80,000	-10,00	10,00	1.266,396
	7			107	213.626,668	1.266,138	80,000	-10,00	10,00	1.266,551
	8			150	213.627,303	1.266,128	80,000	-10,00	10,00	1.266,705
	HI			-179	213.622,129	1.266,215	80,000	-10,00	10,00	1.265,521
	HD			175	213.627,765	1.266,120	80,000	-10,00	10,00	1.266,819
CABALLETE 5 PARTE ANTERIOR	1	213.659,51	1.265,76	-152	213.657,651	1.265,769	80,000	-10,00	10,00	1.265,192
	2			-108	213.658,067	1.265,766	80,000	-10,00	10,00	1.265,353
	3			-65	213.658,477	1.265,763	80,000	-10,00	10,00	1.265,515
	4			-22	213.658,880	1.265,760	80,000	-10,00	10,00	1.265,677
	5			22	213.659,276	1.265,757	80,000	-10,00	10,00	1.265,840
	6			65	213.659,666	1.265,754	80,000	-10,00	10,00	1.266,002
	7			107	213.660,050	1.265,752	80,000	-10,00	10,00	1.266,164
	8			150	213.660,427	1.265,749	80,000	-10,00	10,00	1.266,327
	HI			-179	213.657,427	1.265,771	80,000	-10,00	10,00	1.265,106
	HD			175	213.660,623	1.265,748	80,000	-10,00	10,00	1.266,414
CABALLETE 5 PARTE POSTERIOR	1	213.659,51	1.265,76	-152	213.658,602	1.265,762	80,000	-10,00	10,00	1.265,188
	2			-108	213.658,992	1.265,759	80,000	-10,00	10,00	1.265,349
	3			-65	213.659,376	1.265,756	80,000	-10,00	10,00	1.265,510
	4			-22	213.659,754	1.265,754	80,000	-10,00	10,00	1.265,672
	5			22	213.660,127	1.265,751	80,000	-10,00	10,00	1.265,833
	6			65	213.660,493	1.265,749	80,000	-10,00	10,00	1.265,995
	7			107	213.660,854	1.265,746	80,000	-10,00	10,00	1.266,156
	8			150	213.661,210	1.265,744	80,000	-10,00	10,00	1.266,318
	HI			-179	213.658,322	1.265,764	80,000	-10,00	10,00	1.265,076
	HD			175	213.661,457	1.265,742	80,000	-10,00	10,00	1.266,432

Posiciones y elevaciones de las vigas										
	Viga	Eje	Rasante eje	Longitud	Posición Viga	Elev. Viga rasante	Ac Ampliación	Pendiente externa	Pendiente interna	Elevación de la viga
CABALLETE 6 PARTE ANTERIOR	1	213.694,40	1.265,68	-87,28	213.693,527	1.265,677	57,004	-7,13	7,13	1.265,268
	2			-74,18	213.693,658	1.265,677	56,840	-7,10	7,10	1.265,386
	3			-61,24	213.693,788	1.265,677	56,678	-7,08	7,08	1.265,503
	4			-48,46	213.693,915	1.265,678	56,518	-7,06	7,06	1.265,620
	5			-35,82	213.694,042	1.265,678	56,360	-7,05	7,05	1.265,736
	6			-23,34	213.694,167	1.265,678	56,204	-7,03	7,03	1.265,851
	7			-11	213.694,290	1.265,679	56,050	-7,01	7,01	1.265,966
	8			1,2	213.694,412	1.265,679	55,898	-6,99	6,99	1.266,080
	HI			-94,57	213.693,454	1.265,677	57,095	-7,14	7,14	1.265,202
	HD			7,8	213.694,478	1.265,679	55,815	-6,98	6,98	1.266,142
CABALLETE 6 PARTE POSTERIOR	1	213.694,40	1.265,68	0	213.694,400	1.265,679	55,913	-6,99	6,99	1.265,288
	2			12,36	213.694,524	1.265,679	55,758	-6,97	6,97	1.265,401
	3			24,35	213.694,644	1.265,680	55,608	-6,95	6,95	1.265,513
	4			36,22	213.694,762	1.265,680	55,460	-6,93	6,93	1.265,624
	5			47,98	213.694,880	1.265,680	55,313	-6,91	6,91	1.265,736
	6			59,61	213.694,996	1.265,681	55,167	-6,90	6,90	1.265,846
	7			71,13	213.695,111	1.265,681	55,023	-6,88	6,88	1.265,956
	8			82,54	213.695,225	1.265,681	54,881	-6,86	6,86	1.266,065
	HI			-8,22	213.694,318	1.265,679	56,015	-7,00	7,00	1.265,209
	HD			90,26	213.695,303	1.265,682	54,784	-6,85	6,85	1.266,140
CABALLETE 7 PARTE ANTERIOR	1	213.729,25	1.265,94	-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,825
	2			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,857
	3			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,889
	4			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,921
	5			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,950
	6			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,976
	7			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.266,001
	8			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.266,027
	HI			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,806
	HD			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.266,041



Posiciones y elevaciones de las vigas										
	Viga	Eje	Rasante eje	Longitud	Posición Viga	Elev. Viga rasante	Ac Ampliación	Pendiente externa	Pendiente interna	Elevación de la viga
CABALLETE 7 PARTE POSTERIOR	1	213.729,25	1.265,94	-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,825
	2			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,857
	3			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,889
	4			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,921
	5			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,950
	6			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,976
	7			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.266,001
	8			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.266,027
	HI			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.265,806
	HD			-42	213.728,830	1.265,937	12,875	-2,00	1,61	1.266,041
CABALLETE 8 PARTE ANTERIOR	1	213.764,09	1.266,54	-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,423
	2			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,455
	3			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,487
	4			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,519
	5			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,519
	6			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,487
	7			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,455
	8			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,423
	HI			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,407
	HD			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,407
CABALLETE 8 PARTE POSTERIOR	1	213.764,09	1.266,54	-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,423
	2			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,455
	3			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,487
	4			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,519
	5			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,519
	6			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,487
	7			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,455
	8			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,423
	HI			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,407
	HD			-42	213.763,670	1.266,535	-	-2,00	-2,00	1.266,407

Posiciones y elevaciones de las vigas										
	Viga	Eje	Rasante eje	Longitud	Posición Viga	Elev. Viga rasante	Ac Ampliación	Pendiente externa	Pendiente interna	Elevación de la viga
CABALLETE 9 PARTE ANTERIOR	1	213.798,93	1.267,35	-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,229
	2			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,261
	3			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,293
	4			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,325
	5			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,325
	6			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,293
	7			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,261
	8			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,229
	HI			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,213
	HD			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,213
CABALLETE 9 PARTE POSTERIOR	1	213.798,93	1.267,35	-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,229
	2			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,261
	3			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,293
	4			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,325
	5			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,325
	6			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,293
	7			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,261
	8			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,229
	HI			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,213
	HD			-42	213.798,510	1.267,341	-	-2,00	-2,00	1.267,213
CABALLETE 10	1	213.833,35	1.267,90	-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,779
	2			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,811
	3			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,843
	4			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,875
	5			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,875
	6			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,843
	7			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,811
	8			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,779
	HI			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,763
	HD			-42	213.832,930	1.267,891	-	-2,00	-2,00	1.267,763

- * Las vigas se nombran de izquierda a derecha hacia el lado interior de la curva.
** HI y HE son los hombros izquierdo y derecho respectivamente.
*** Longitud y Ac se expresan en cm, el resto en metros. Las pendientes se expresan en %.